

Кинетика сверхбыстрых доменных стенок в монокристаллах семейства ниобата лития

А.Р. Ахматханов, И.А. Кипенко, Е.А. Есин, М.А. Чувакова, В.Я. Шур

Институт естественных наук и математики, Уральский федеральный университет, 620000

Екатеринбург, Россия

e-mail: andreya.akhmatkhanov@urfu.ru

Монокристаллы ниобата лития (LiNbO_3 , НЛ) являются одними из основных материалов нелинейной оптики, используемых для эффективного преобразования частоты лазерного излучения в кристалле с регулярной доменной структурой (РДС). Самым распространенным методом создания РДС является приложение электрического поля системой полосовых электродов, созданных методами фотолитографии. При этом слияние полосовых доменов за счёт формирования и движения сверхбыстрых доменных стенок может существенно ухудшить качество созданной РДС [1]. Поэтому детальное исследование формирования и кинетики сверхбыстрых доменных стенок имеет важное значение для развития методов доменной инженерии в кристаллах НЛ.

В работе исследована кинетика сверхбыстрых доменных стенок в основных представителях семейства НЛ: конгруэнтного и стехиометрического составов, как легированных магнием, так и номинально чистых. Выявлены экспериментальные условия, при которых сверхбыстрые доменные стенки возникают при переключении в однородном поле из исходного монодоменного состояния. Показано, что сверхбыстрые доменные стенки в кристаллах семейства НЛ образуются при формировании вогнутых углов при слиянии доменов. В соответствии с C_{3v} симметрией кристаллов, выделено три типа неэквивалентных вогнутых углов, образующихся при слиянии доменов. Формирование и движение сверхбыстрых доменных стенок в данных углах рассматривалось на основе аналогии между ростом кристаллов и сегнетоэлектрических доменов. При этом ориентация доменной стенки, формирующейся в данном вогнутом угле, определяется как экстремум соответствующего сектора на кинетической диаграмме Вульфа (зависимости скорости доменной стенки от её ориентации) [1].

На основе анализа слияния доменов с разрешением по времени до 200 мкс были экспериментально измерены кинетические диаграммы Вульфа во всех кристаллах семейства НЛ. Определены три широких глобальных максимума, соответствующих движению сверхбыстрых доменных стенок и определяющих эволюцию доменной структуры при слиянии доменов в вогнутых углах 60° и 120°_{Y+} ; шесть локальных максимумов, соответствующих движению быстрых доменных стенок, и три локальных минимума, определяющих эволюцию доменной структуры в вогнутом угле 120°_{Y-} ; а также шесть глобальных минимумов, определяющих форму изолированных доменов.

Показано, что движение короткоживущих сверхбыстрых доменных стенок, сформированных в процессе слияния доменов, приводит к возникновению импульсов Баркгаузена в токе переключения [2]. При этом доля площади, переключённая за счёт движения быстрых и сверхбыстрых доменных стенок, составляет до 0,9 от всей переключённой площади, то есть движение именно этих стенок играет доминирующую роль в процессе переключения поляризации. Показано, что аппроксимация импульсов Баркгаузена, основанная на расчёте движения быстрых и сверхбыстрых доменных стенок, позволяет измерять скорости этих стенок более точно, чем методом *in situ* оптической визуализации.

На основе сравнительного анализа измеренных диаграмм Вульфа и полевых зависимостей скоростей доменных стенок кристаллов семейства НЛ выявлены общие закономерности формирования и кинетики сверхбыстрых доменных стенок в данном семействе материалов. (1) При слиянии доменов образуются три типа неэквивалентных с точки зрения симметрии углов. (2) При слиянии доменов образуются одни и те же типы быстрых и сверхбыстрых доменных стенок: дугообразная сверхбыстрая доменная стенка со

средней ориентацией параллельной X оси и движущаяся в Y+ направлении в углах 60 и отклонённые от оси X на угол около 15°, и движущиеся приблизительно в Y- направлении в угле 120°. (3) Полевые зависимости скоростей доменных стенок подчиняются активационному типу зависимости. При этом наиболее существенное влияние на скорости стенок оказывает легирование оксидом магния, а не приближение к стехиометрическому составу. Показано, что легирование приводит к увеличению разницы между скоростями быстрых и сверхбыстрых доменных стенок и уменьшению разницы между скоростями сверхбыстрых и медленных доменных стенок. Обнаруженная меньшая разница между скоростями сверхбыстрых и медленных доменных стенок в легированных кристаллах делает эти кристаллы более предпочтительными для создания РДС, поскольку уменьшается нежелательное слияние полосовых доменов до окончания переключающего импульса (с учётом того, что в этом случае образовавшаяся сверхбыстрая доменная стенка дополнительно замедляется за счёт движения в области без электрода).

В работе использовалось оборудование Уральского центра коллективного пользования «Современные нанотехнологии» УрФУ. Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (грант 19-72-00083).

1. A.R. Akhmatkhanov, I.A. Kipenko, A.A. Esin, V.Ya. Shur, *Applied Physics Letters* **117**, 022903 (2020).
2. I.A. Kipenko, A.R. Akhmatkhanov, A.A. Esin, V.Ya. Shur, *Ferroelectrics* **574**, 156 (2021).